

ANALISIS DAYA DUKUNG TIANG PANCANG DENGAN METODE ELEMEN HINGGA DAN SOFTWARE L-PILE

Yayat Hendrayana

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Majalengka

yayat_hendrayana@yahoo.go.id

Abstarksi

Pada lokasi proyek telah dilakukan drilling dengan SPT beserta dengan tes-tes laboratorium geoteknik (Mekanika Tanah) untuk menginvestigasi perlapisan tanah, karakteristik tanah dan daya dukung tanah pada daerah proyek. Analisa tentang potensi likuifaksi adalah salah satu bagian terpenting yaitu karena dari struktur tanah yang dominan pasir dan lanau serta memiliki relative density atau konsistensi yang cenderung loose atau soft serta kemungkinan muka air tanah yang cukup tinggi. Kapasitas daya dukung ultimate (Q_u) dan allowable lateral (H_{al}) telah dianalisa dengan metode Broms, metode Elemen Hingga (FEM) dan dengan bantuan program computer LPILE (Com624). Dari perhitungan-perhitungan diatas dapat disimpulkan : 1. Metode Broms : Kapasitas daya dukung lateral ultimate adalah 22.45 ton, $FK = 3$ maka kapasitas lateral ijin adalah 7.5 ton (Broms). 2. LPILE : Defleksi ijin pada kondisi $\frac{1}{4}$ inch atau 0.64 cm maka beban lateral ijin statik adalah 3.5 ton dan untuk beban lateral ijin kondisi p-y cyclic adalah 6.5 ton.

Kata Kunci: Driling, Tanah; Pondasi, Ultimate,

I. PENDAHULUAN

Pada lokasi proyek telah dilakukan drilling dengan SPT beserta dengan tes-tes laboratorium geoteknik (Mekanika Tanah) untuk menginvestigasi perlapisan tanah, karakteristik tanah dan daya dukung tanah pada daerah proyek.

Terdapat juga tes PILE berupa PDA dan Kentledge untuk memverifikasi daya dukung aksial. Data-data diatas adalah bahan masukan sekaligus pertimbangan dalam menghitung dan merekayasa kapasitas daya dukung aksial dan lateral dari pondasi tiang pancang yang ada.

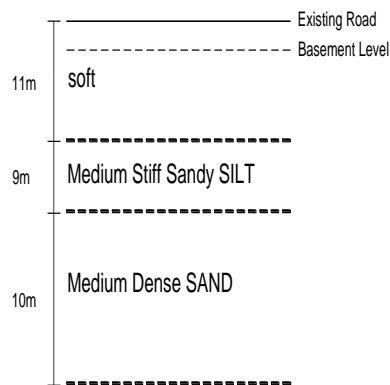
II. PROFIL DAN KARAKTERISTIK PERLAPISAN TANAH

Dari boring log yang ada dapat di klasifikasi perlapisan tanah adalah sebagai berikut :

Tabel 1: Klasifikasi Perlapisan Tanah

Depth (m)	Consistency/ Relative Density	N SPT (Average) (Blows)	N SPT (Design) (Blows)
0-11	Relative Density	5-10	7
11-20	Medium Stiff	8-15	12
20-30	Medium Dense	22->50	22

Dari nilai-nilai korelasi diatas terdapat nilai N SPT Design yang akan digunakan untuk kepentingan desain potensi liquifaksi, kapasitas daya-dukkung aksial dan lateral.



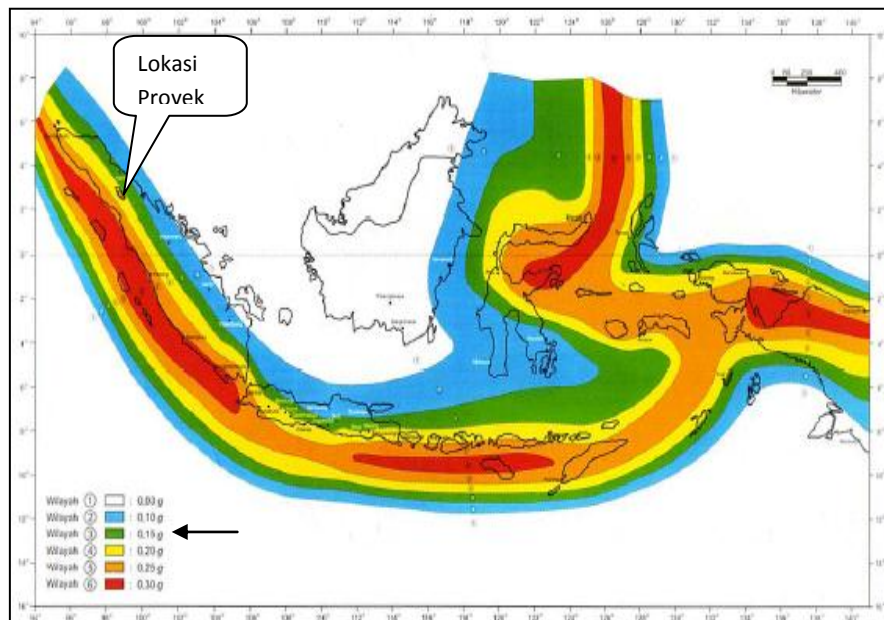
Gambar 1: Profil Perlapisan Tanah

Gambar diatas adalah profil perlapisan tanah beserta dengan konsistensinya yang akan

menjadi dasar dalam perencanaan sistim pondasi dalam tiang pancang.

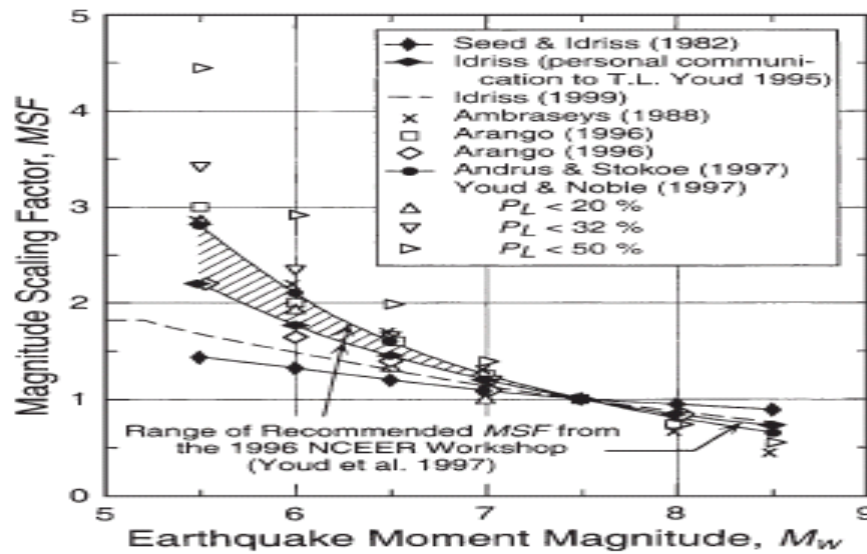
III. POTENSI LIQUIFAKSI

Analisa tentang potensi likuifaksi adalah salah satu bagian terpenting yaitu karena dari struktur tanah yang dominan pasir dan lanau serta memiliki *relative density* atau konsistensi yang cenderung *loose* atau *soft* serta kemungkinan muka air tanah yang cukup tinggi.



Gambar 2: Peta Gempa di Indonesia

Dari PETA GEMPA 2002 diatas disimpulkan bahwa kota Medan memiliki **PGA** pada base *rock* $a_{max} = 0.15g$, Rencana Besaran (*Magnitude*) gempa adalah skala **6.5**.

Gambar 3: Grafik *Magnitude Scalling Factor*

Gambar diatas menyimpulkan bahwa **MSF** (*Magnitude Scalling Factor*) **untuk skala 6.5** adalah **1.5**. Dari data profil perlapisan disimpulkan bahwa jenis tanah pada daerah proyek adalah **tanah lunak atau soft soil**.

Tabel 2 : Amplification Factor Untuk Tanah Lunak

Z o n e	Percepatan Puncak Batuan Dasar (g)	Faktor Amplifikasi untuk Soft Soil	Percepatan Puncak Batuan Dasar untuk Soft Soil (g)
1	0.03	2.67	0.08
2	0.10	2.00	0.20
3	0.15	2.00	0.30
4	0.20	1.70	0.34
5	0.25	1.44	0.36
6	0.30	1.27	0.38

Tabel diatas adalah tabel **amplification factor** untuk tanah lunak dari SNI 2002 yang berarti bahwa PGA pada permukaan tanah pada daerah proyek adalah $a_{\max} = 0.3$

Metode yang akan dipakai untuk menganalisa potensi likuifaksi adalah metode sederhana atau simplified empirical methods

dengan data N SPT atau CPT. Metode ini terdiri dari langkah-langkah sebagai berikut :

1. Mencari CSR, Cyclic Stress Ratio yang disebabkan oleh gempa.
2. Mencari CRR, Cyclic Resistance Ratio dari data N SPT atau CPT.
3. Menghitung $FK = \frac{CRR}{CSR}$, dimana jika $FK <$

1 maka likuifaksi bisa terjadi dan jika **FK >1 likuifaksi tidak terjadi**.

Formula dan grafik untuk parameter-parameter diatas adalah :

$$CSR = \frac{\tau_{cyc}}{\sigma'_{v0}} = 0.65 r_d \left(\frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \right) \left(\frac{a_{\max}}{g} \right)$$

$$r_d = 1 - 0.012z$$

Dimana :

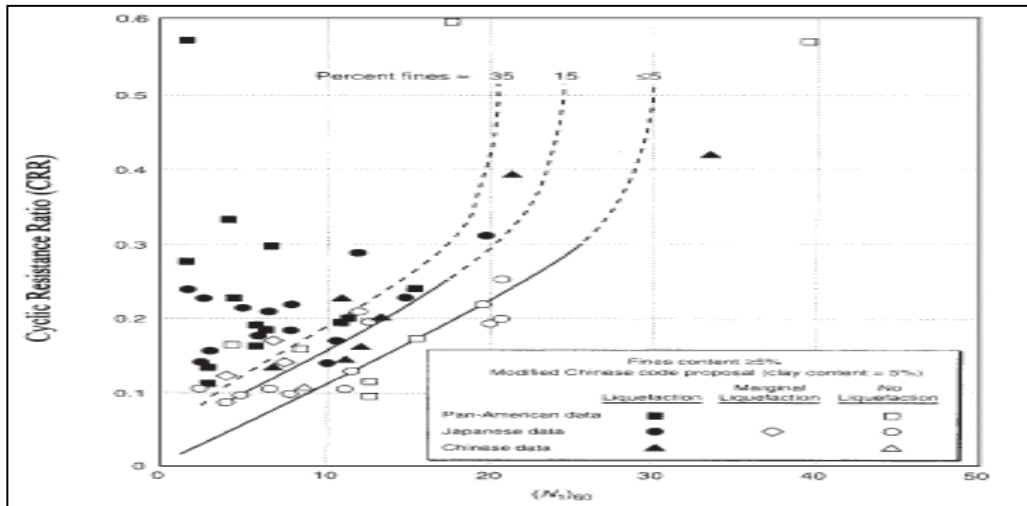
a_{\max} = Percepatan Puncak Batuan pada permukaan tanah (g)

g = Percepatan gravitasi (≈ 1000 g)

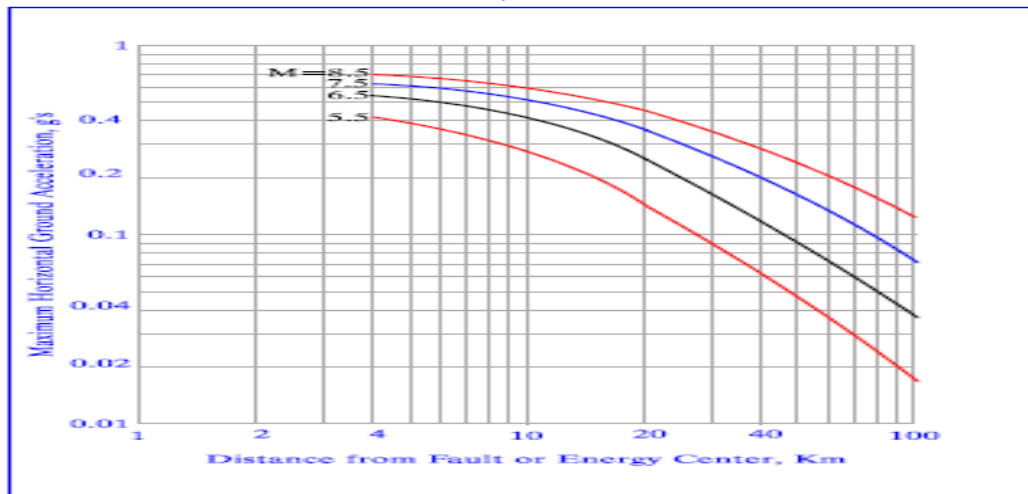
σ_{v0} = Tegangan vertical total (kPa)

σ'_{v0} = Tegangan vertical efektif (kPa)

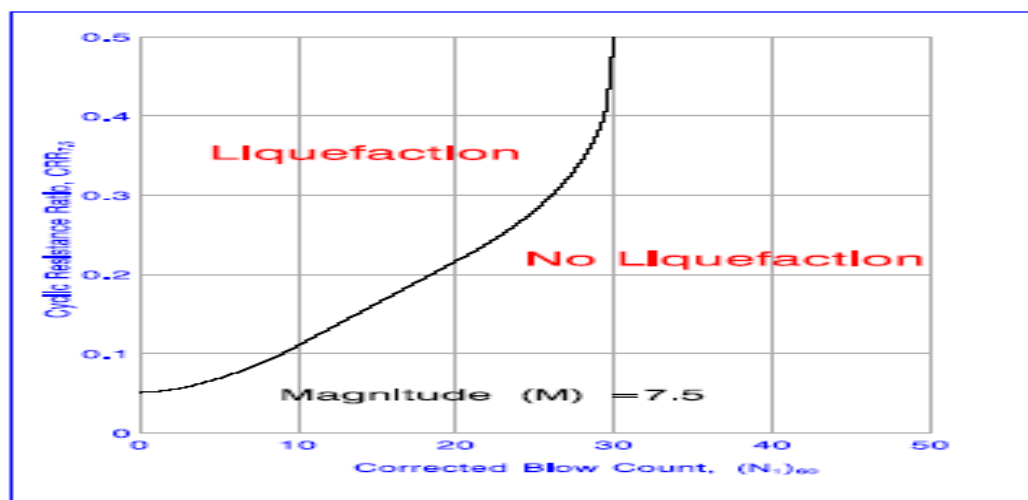
r_d = Faktor reduksi



Gambar 4: Grafik Cyclic Resistance Rasio

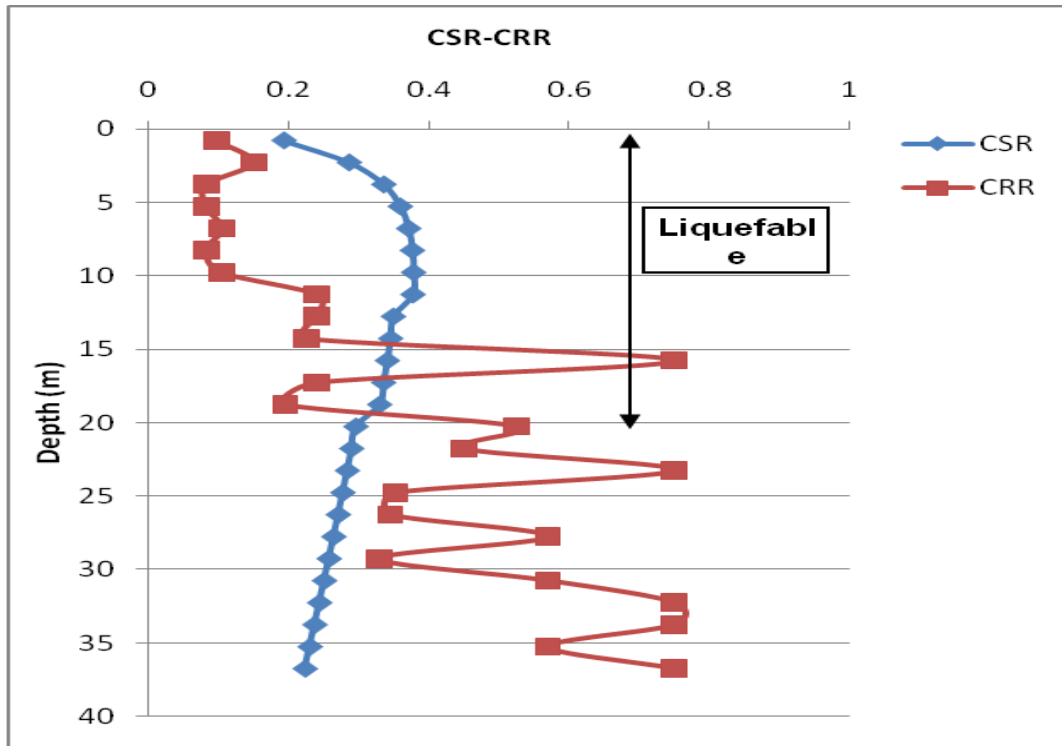


Gambar 5: Grafik Maximum Horizontal Ground Acseleration



Gambar 6: Hubungan Grafik Cyclic Resistance Rasio & Corrected Blow Count

Dari grafik-grafik diatas ditabulasi perhitungan FK terhadap potensi likuifaksi adalah sebagai berikut :



Gambar: 7 Grafik Dept dan CSR-CRR

Dari tabel dan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa potensi likuifaksi untuk desain gempa skala 6.5 adalah sedalam zone potensi likuifaksi yaitu 0-20m.

IV. ANALISA

A. KAPASITAS DUKUNG AKSIAL

Kapasitas dukung aksial tiang pancang akan dihitung secara manual dengan metode Schmertmann (1967) yaitu dengan menggunakan nilai N SPT untuk disain static maupun disain gempa-likuifaksi. Tiang pancang yang akan dipakain yaitu tiang pancang *spun pile* dengan $L = 25\text{m}$ dan diameter 50cm .

Metode Schmertman menetapkan **untuk pasir bersih** Gesekan Selimut = $0.019 \times \text{NSPT}$ dan Tahanan Ujung = $3.2 \times \text{N-SPT}$.

Sedangkan **untuk pasir kelanauan atau lanau kepasiran** Gesekan Selimut = $0.04 \times \text{NSPT}$ dan Tahanan Ujung = $1.6 \times \text{N-SPT}$ dan tipikal profil perlapisan tanah seperti gambar dibawah :

Depth :	25	m	Perimeter (m) :	1.57		
Dimensi Pile :	0.5	m (Diameter)	Ap (cm ²) :	1159.247689		
Depth (m)	N SPT (Blows/1ft)	Soil Type	Tahanan Selimut (kg/cm ²)	Tahanan Selimut* (kg/cm ²)	p.ΔL (cm ²)	Qs (kg)
0.75	8	SOFT Silty	0.36	0.16	149225.65	23876.10
2.25	8		0.36			
3.75	6		0.36			
5.25	7		0.36			
6.75	7		0.36			
8.25	7		0.36			
9.75	7		0.36			
11.25	13		0.36			
12.75	17	Medium Stiff Sandy SILT	0.36	0.56	117809.72	65973.45
14.25	8		0.53			
15.75	19		0.53			
17.25	11	Medium Dense SAND	0.53	0.38	78539.82	29845.13
18.75	15		1.04			
20.25	15		1.04			
21.75	21		1.04			
23.25	19		1.04			
24.75	23		1.04			
26.25	52		1.04			
*NSPT = NSPT desain				Qs =	119694.68	kg
Qtip :					119.69	ton
Qp = Ap*qp qp = 3.2 NSPT (kg/cm ²)				Qu=	193.89	ton
64						
Qp = Ap*qp 74191.85 kg						
74.19 ton						
FK Qp = 2.5						
FK Qs = 2.5						
Maka						
Qall = 77.6 ton						

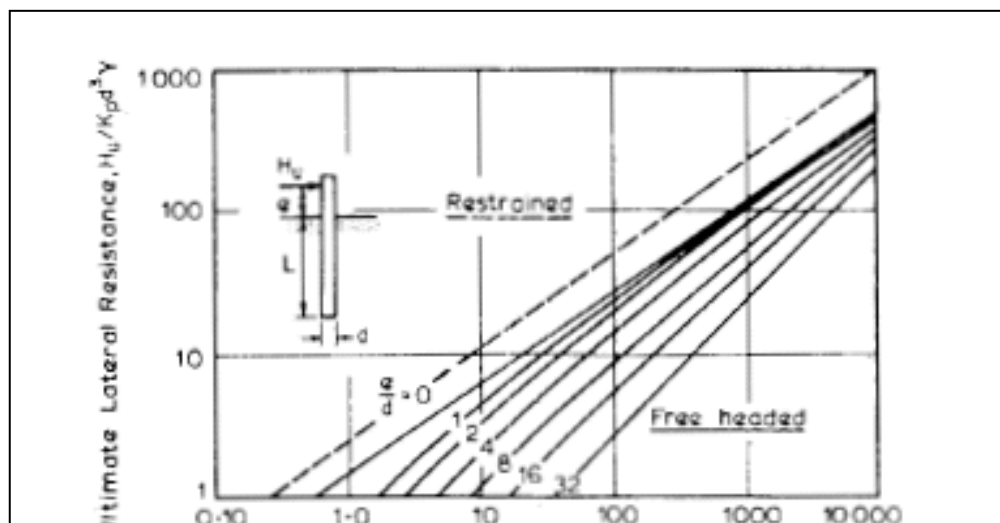
Depth :	25	m	Perimeter (m) :	1.57		
Dimensi Pile :	0.5	m (Diameter)	Ap (cm ²) :	1159.247689		
Depth (m)	N SPT (Blows/1ft)	Soil Type	Tahanan Selimut (kg/cm ²)	Tahanan Selimut* (kg/cm ²)	p.ΔL (cm ²)	Qs (kg)
0.75	8	SOFT Silty SAND	0.16	0.00	196349.54	0.00
2.25	8		0.16			
3.75	6		0.16			
5.25	7		0.16			
6.75	7		0.16			
8.25	7		0.16			
9.75	7		0.16			
11.25	13		0.16			
12.75	17	Medium Stiff Sandy SILT	0.16	0.00	117809.72	0.00
14.25	8		0.40			
15.75	19		0.40			
17.25	11	Medium Dense SAND	0.40	0.38	78539.82	29845.13
18.75	15		0.80			
20.25	15		0.80			
21.75	21		0.80			
23.25	19		0.80			
24.75	23		0.80			
26.25	52		0.80			
				Qs =	29845.13	kg
Qtip :					29.85	ton
Qp = Ap*qp qp = 3.2 NSPT (kg/cm ²)				Qu=	104.04	ton
64						
Qp = Ap*qp 74191.85 kg						
74.19 ton						
FK Qp = 1.5						
FK Qs = 1.5						
Maka						
Qall = 69.4 ton						

B. PASITAS DUKUNG LATERAL

Kapasitas daya dukung lateral akan didekati dengan 3 metode yaitu (1) Dengan menggunakan metode Broms (2) Dengan menggunakan Metode Elemen Hingga dan (3) Dengan menggunakan Software LPILE (Com624).

1. METODE BROMS

Metode yang menggunakan diagram tegangan tanah dengan menganggap bahwa sepanjang kedalaman tiang, reaksi atau tahanan tanah mencapai ultimate. Terlebih dahulu mencari T (diketahui η_h) untuk mendeskripsikan apakah tiang berperilaku tiang pendek atau tiang panjang.



$$T = 5 \sqrt{\frac{E_p I_p}{\eta h}}$$

$$T = 1.733 \quad 5T = 8.665 \quad \gamma_s = 17 \text{ kN/m}^3$$

$$M_u = 15.8 \text{ tm} = 158 \text{ kNm}$$

$$B = 50 \text{ cm} = 0.5 \text{ m}$$

$$K_{p_{5T}} = 1.9209821$$

$$L = 25 \text{ m}$$

$$E_p = 25000000 \text{ kN/m}^2$$

$$I_p = 0.0025532 \text{ m}^4$$

$$\eta h = 1300 \text{ kN/m}^3$$

Kondisi pile adalah tiang flexible dan restrained.

$$M_u / B^4 \gamma_s K_p = 77.41$$

$$H_u / B^3 \gamma_s K_p = 55$$

$$H_u = 224.51 \text{ kN}$$

$$22.45 \text{ ton}$$

$$T = 2.178802 \text{ (Long Pile)}$$

$$5T = 10.89401 \text{ m}$$

$$H_{all} = 7.4838262 \text{ ton}$$

2. METODE ELEMEN HINGGA

Tiang pancang dibagi menjadi 4 elemen dengan panjang (L) yang berbeda namun

Elastisitas (E_p) dan I_p adalah sama. Gambar diatas adalah finite element dari tiang pancang sedalam 25m..

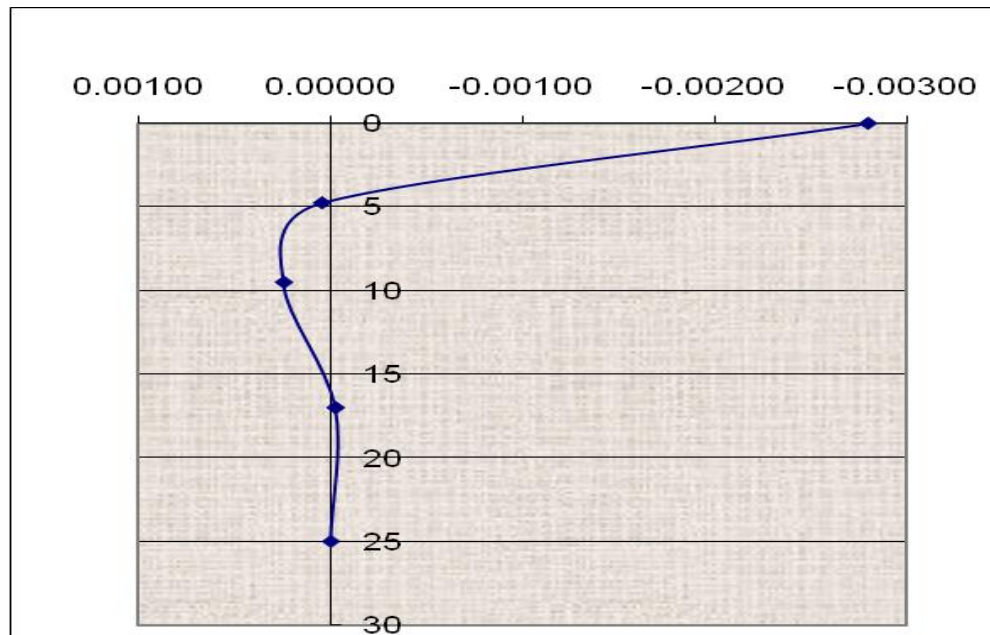
Range of modulus of subgrade reaction k_s	
Use values as guide and for comparison when using approximate equations	
Soil	k_s, kN/m³
Loose sand	4800–16 000
Medium dense sand	9600–80 000
Dense sand	64 000–128 000
Clayey medium dense sand	32 000–80 000
Silty medium dense sand	24 000–48 000
Clayey soil:	
$q_a \leq 200$ kPa	12 000–24 000
$200 < q_a \leq 800$ kPa	24 000–48 000
$q_a > 800$ kPa	> 48 000

Tabel 3: Range Og Modulus Of Subgrade

Dua hal yang penting dalam metode elemen hingga pada kasus ini yaitu :

1. Matrix kekakuan balok [K_T]
2. Matrix kekakuan Tanah [K_F]

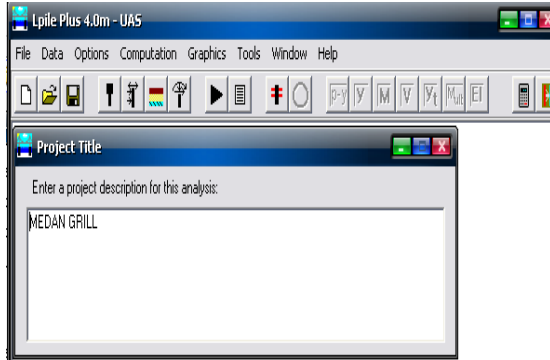
Dimana tanah dianggap memiliki kekakuan pegas yang diambil dalam parameter K_s atau modulus of subgrade reaction (Seperti pada tabel-tabel diatas).



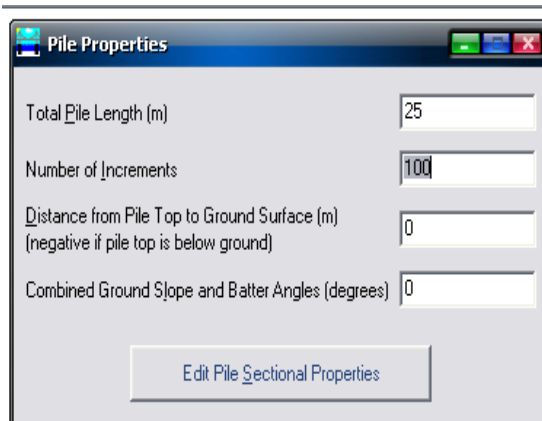
C. DAYA DUKUNG LATERAL (LPILE)

Computer Science | Industrial Engineering | Mechanic Engineering | Civil Engineering

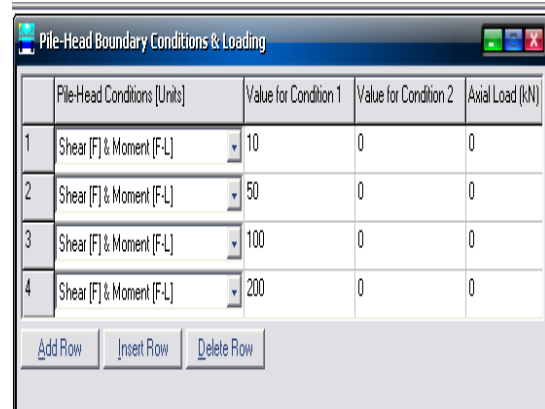
Program computer LPile dari Ensoft dipakai untuk menghitung kapasitas lateral pada kondisi statik. Pada kondisi statik kurva p-y yang dipakai adalah kurva p-y alami berdasarkan *undrained soil strength*.



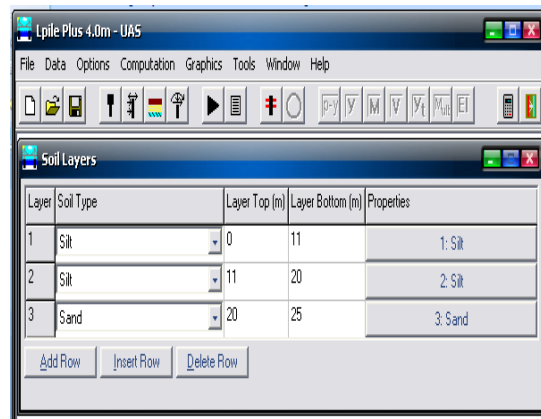
Gambar 8: Laman Awal Program LPile



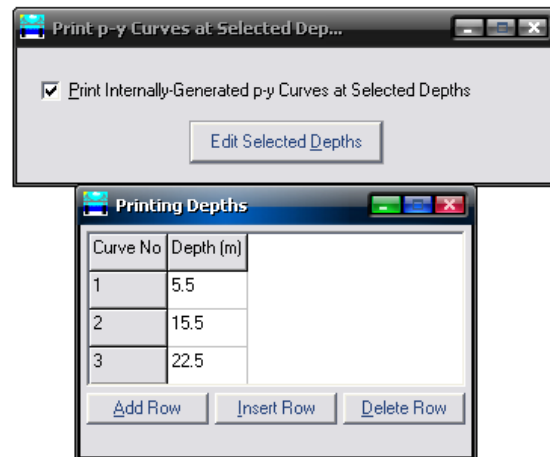
Gambar 9: Laman Pile Properties



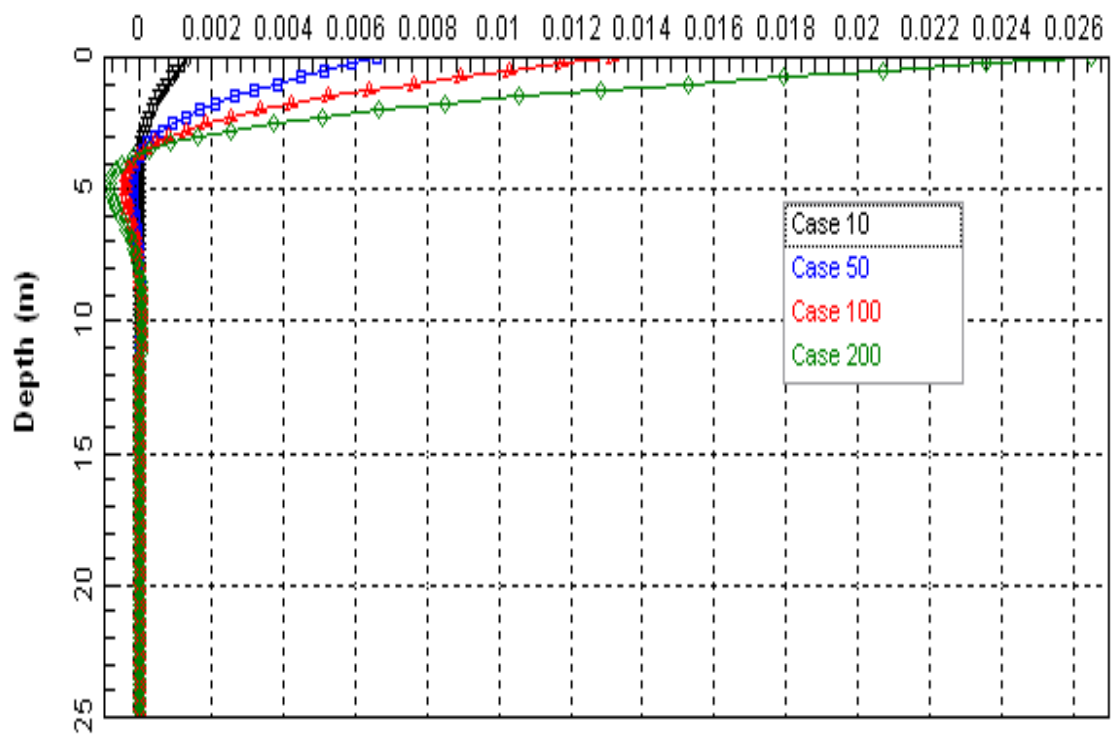
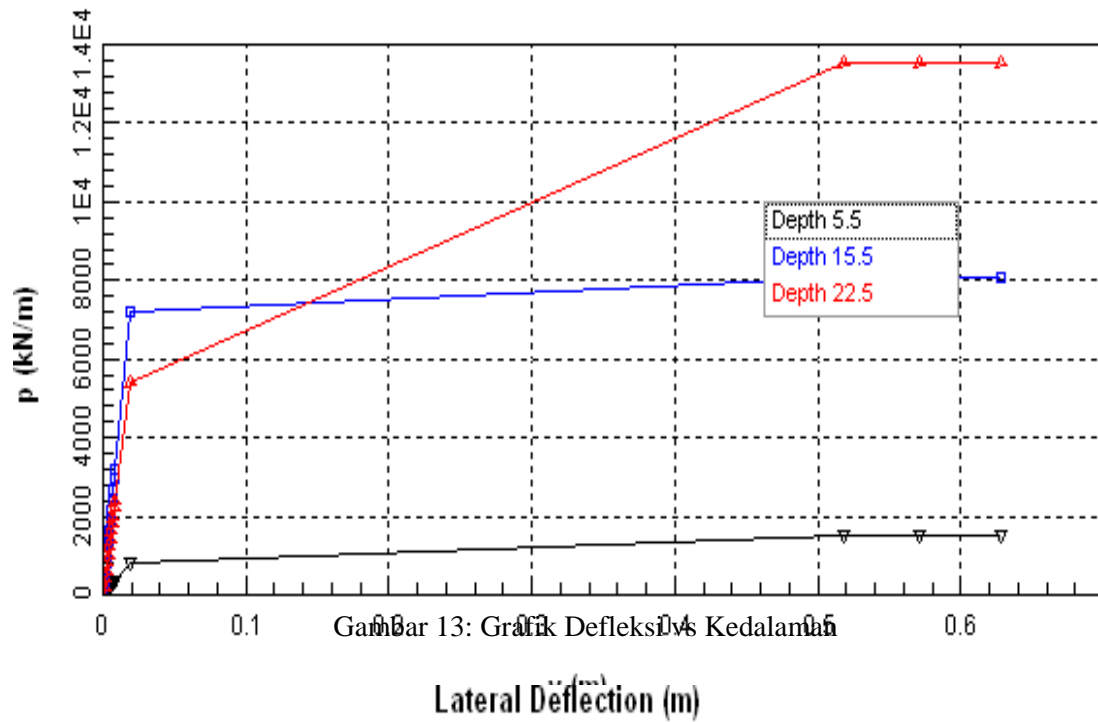
Gambar 10: Laman Head Boundary Condition



Gambar 11: Pemilihan Jenis Tanah

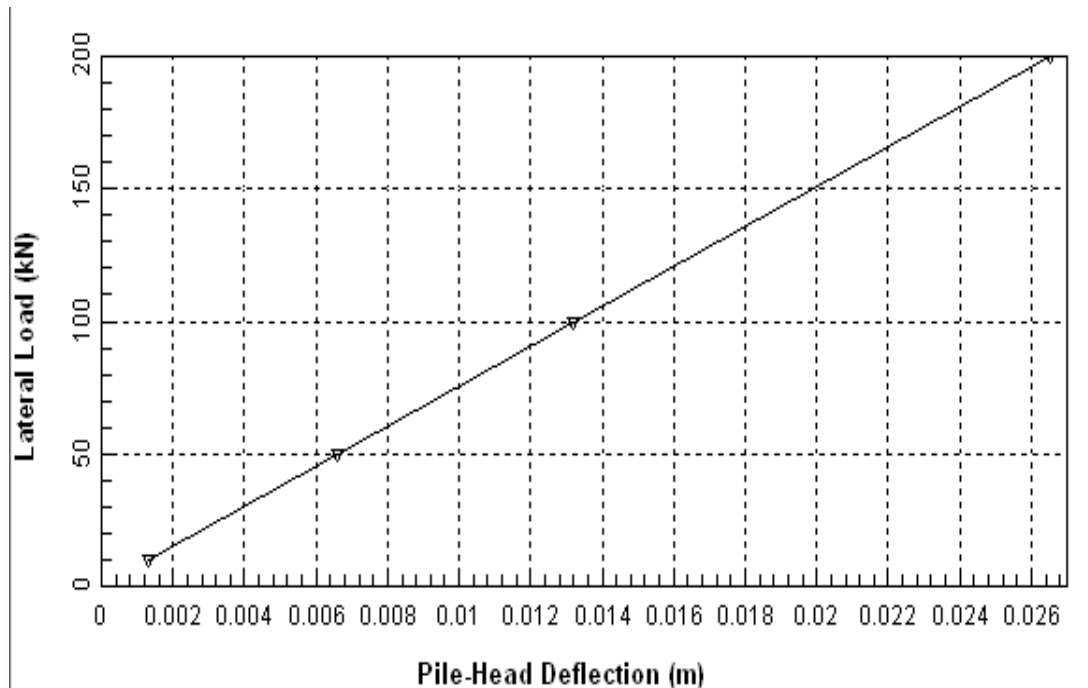


Gambar 12: Cetak Kurva Hasil Pemilihan Tanah



Gambar 14: Grafik Defleksi vs Beban Lateral

Gambar Defleksi vs Kedalaman dan Defleksi vs Beban Lateral yang diberikan, bila defleksi ijin pada kondisi $\frac{1}{4}$ inch atau 0.64cm maka beban lateral ijin statik adalah 3.5 ton dan untuk beban lateral ijin kondisi p-y cyclic adalah 7.5 ton



Gambar 15: Grafik Lateral Load vs Pile-Head Deflection

V. KESIMPULAN

Profil perlapisan tanah dapat dibagi ke dalam 3 kategori : **Pada BH 07:**

1. Pasir kelanauan (0-11m) dengan kepadatan relatif yang *Soft*.
2. Lanau kepasiran (11-20m) dengan konsistensi medium *stiff*.
3. Pasir (20-30m) dengan kepadatan relatif yang medium *dense*.

Kapasitas daya dukung ultimate (Q_u) dan allowable lateral (H_{al}) telah dianalisa dengan metode Broms, metode Elemen Hingga (FEM) dan dengan bantuan program computer LPILE (Com624). Dari perhitungan-perhitungan diatas dapat disimpulkan :

1. Metode Broms : Kapasitas daya dukung lateral *ultimate* adalah 22.45 ton, $FK = 3$ maka kapasitas lateral ijin adalah 7.5ton (Broms).

2. LPILE : Defleksi ijin pada kondisi $\frac{1}{4}$ inch atau 0.64cm maka beban lateral ijin statik adalah 3.5 ton dan untuk beban lateral ijin kondisi p-y cyclic adalah 6.5 ton.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Zainul , 2010. "Komparasi Daya Dukung Aksial Tiang Tunggal Dihitung Dengan Beberapa Metode Analisis", *Tesis fakultas teknik Universitas Diponegoro Semarang* .
- Iskandar, Rudi. 2002. "*Beberapa Kendala Teori Perhitungan Daya Dukung Aksial Pondasi Dalam*", USU, Sumatra Utara.
- Das, Braja, M, 1995, *Mekanika Tanah 1*, Penerbit ERLANGGA, Jakarta.
- Das, Braja, M, 2006, *Principles of Geotechnical Engineering fourth edition*, KENT Publishing Company, Boston.

- Das, Braja, M, 2006, *Principles of Geotechnical Engineering fifth edition*, Thomson Canada Limited, Canada.
- Das, Braja, M, 2006, *Principles of Geotechnical Engineering seventh edition*, California State University, Sacramento.
- Tomlinson, M.J., 1997, *Pile Design and Construction Practice*, 1st Edition, View Point Publishing, London.
- Tomlinson, Michael, 2008, *Pile Design and Construction Practice fifth edition*, Taylor & Francis e-Library, New York.
- Bowles, Joseph.E.,1997, “*Foundation Analysis and Design*”, McGraw-Hill Companies,Inc., Illinois
- Sardjono,HS, 1988, *Pondasi Tiang Pancang*, Jilid 1, Penerbit SINAR JAYA WIJAYA, Surabaya.
- Sardjono, H.S, 1998, *Pondasi Tiang Pancang*, Jilid 2, Penerbit SINAR JAYA WIJAYA, Surabaya.
- Sosrodarsono, S. Dan Nakazawa, K, 1983, *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, PT Pradaya Paramita, Jakarta.
- Bowles, J. E, 1991, *Analisa dan Desain Pondasi, Edisi keempat Jilid 1*, Erlangga, Jakarta.
- Bowles, J. E, 1993, *Analisa dan Desain Pondasi, Edisi keempat Jilid 1*, Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, H, C., 2002, *Teknik Pondasi 2, Edisi Kedua*, Beta Offset, Yogyakarta